

LE SECRET DE LA MATIÈRE

Les physiciens comptent découvrir d'ici peu un lien fondamental entre les particules atomiques, au nombre de plus de 200 découvertes à ce jour.

IL n'y a pas que la population de la Terre qui augmente. Le nombre des particules connues augmente aussi de jour en jour. Nous connaissons actuellement plus de 200 particules dites élémentaires et il semble qu'il y en a bien d'autres.

A l'heure actuelle, les savants ne savent pas encore par quel bout les prendre. Pour eux, la fameuse question de Fermi : « Mais où donc est l'atome d'hydrogène dans la physique des particules élémentaires ? » se pose toujours. Nous publions bien chaque semaine deux douzaines de rapports sur ce sujet, que nous pouvons diviser en trois tendances. Nous partons bien entendu du principe qu'il ne peut y avoir tant de particules élémentaires.

Une tendance ayant à sa tête Geoffrey Chew, de l'université de Californie à Berkeley, admet une « démocratie nucléaire » dans laquelle toutes ces particules sont plus ou moins sur un pied d'égalité, étant les reflets les unes des autres. Nous appelons ce groupe les « trieurs de bottes » (d'après le célèbre baron Munchausen, qui prétendait s'être tiré lui-même des sables mouvants par les boucles de ses bottes).

Il y a ceux qui ne peuvent admettre cette démocratie des particules et croient à l'existence d'une aristocratie de particules, ce qui reste à prouver. L'hypothèse la plus simple est celle avancée par Murray Gell Mann, de l'institut de technologie de Californie, qui suppose l'existence d'un trio de « quarks » dont la combinaison sous une forme ou une autre, forme presque toutes les particules observées (les « aristocrates ») ont été baptisés « ace, dense et trey », d'après les dés.

De même que les atomes sont constitués d'un noyau entouré d'électrons, et qu'un noyau est constitué de neutrons et de protons, nous supposons qu'un proton, par exemple, est constitué de 3 quarks. C'est toujours l'hypothèse atomique, mais poussée un peu plus loin. Les quarks ont beaucoup en commun avec la physique d'aujourd'hui. Ils n'existent à l'heure actuelle que dans les formules mathématiques.

Les quarks seraient la solution « simple » du problème des particules. Mais comme les lois de la physique sont souvent subtiles, et non pas seulement une question de forces,

les physiciens cherchent à dégager des observations des analogies mathématiques. Ils classent ainsi les particules en familles ou multiplets. Ce point de vue est appelé « théorie des groupes » et ressemble à certaines théories de la chimie de la fin du siècle dernier.

Ce que révèle la chambre à bulles

Cette photo de chambre à bulles d'hydrogène liquide est la troisième observation de création de meson Omega à charge négative qui pourrait bien servir de clef de voûte pour l'établissement d'une grille ordonnée des particules connues jusqu'à présent. Le dessin qui est à côté de la photo montre l'affectation correcte d'une particule à chaque trace. Les trajectoires des particules neutres qui ne produisent pas de bulle dans l'hydrogène liquide et ne laissent donc pas de trace, sont indiquées par les traits pointillés. La présence et les propriétés des particules neutres sont établies par l'analyse des 'races de leur produit de désintégration chargé ou de l'application des lois de la conservation de la masse et de l'énergie, ou d'une combinaison de l'une et des autres.

Le meson K — projeté par le Synchrotron à gradient alternatif présente un proton stationnaire invisible dans l'hydrogène liquide, et la désintégration due au choc donne un meson K^0 neutre, un meson positif K^+ et un meson négatif Oméga—. Le meson Oméga— se désintègre au bout d'une existence de 10^{-10} seconde environ et donne un hyperon neutre Lambda et un meson K négatif. Le Lambda se désintègre ensuite en un proton P et en un meson Pi négatif.

La photo a été prise dans la chambre à bulles d'hydrogène liquide de 203 cm du Brookhaven National Laboratory. Un faisceau d'environ 10 mesons K — de 5 Bev/c était projeté dans la chambre toutes les 2 secondes et demie. Ce faisceau était produit en laissant le faisceau de protons en rotation dans le synchrotron à gradient alternatif frapper une cible et en séparant ensuite les mesons K — des autres particules créés et en les canalisant vers la chambre humide de 203 cm au moyen d'un dispositif d'aimants qui s'allonge sur 120 m.

Il a été fait plusieurs essais de classement des éléments chimiques connus avant que Mendéléev ait établi sa table périodique. Quand il a établi cette table, il n'avait aucune idée de la raison pour laquelle les éléments s'ordonnent de cette manière. Son classement était empirique : il classait les éléments par ordre croissant de poids atomique, et lorsque le classement semblait douteux, il n'hésitait pas à faire de lui-même des corrections ou à laisser des espaces vides. La table établie par le chimiste russe ne fut expliquée et corrigée que beaucoup plus tard, mais entre-temps, elle a joué un rôle important pour la découverte. Du vivant de Mendéléev, trois des éléments inconnus qu'il avait décrits furent découverts.

La physique d'aujourd'hui prend, semble-t-il, le même chemin en classant les groupes de symétrie et leurs familles sur une base empirique. Personne ne sait pourquoi de telles dispositions existent parmi les particules. Néanmoins, ce classement a aiguillé les recherches et a permis la découverte de plusieurs particules.

A la longue, en interprétant l'électron avec la théorie des quantas, une réponse élégante a été trouvée au « pourquoi » de la table de Mendéléev. Les physiciens escomptent le même progrès dans la science des particules. Mais certains estiment nécessaire d'avoir d'abord une théorie des groupes pour classer les particules en une espèce de table de Mendéléev mettant en valeur leur progression.

Les groupes mathématiques sont basés sur les caractères de symétrie dont les exemples abondent autour de nous. Dans notre monde

visible nous avons le cercle qui semble être la chose la plus symétrique du monde, car le cercle reste un cercle, de quelque manière que nous le voyons.

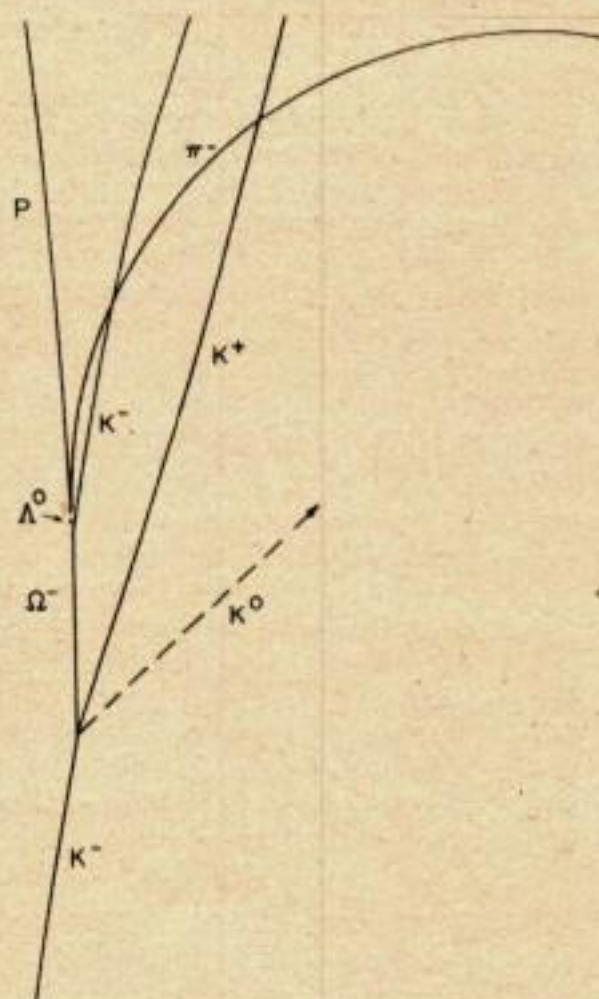
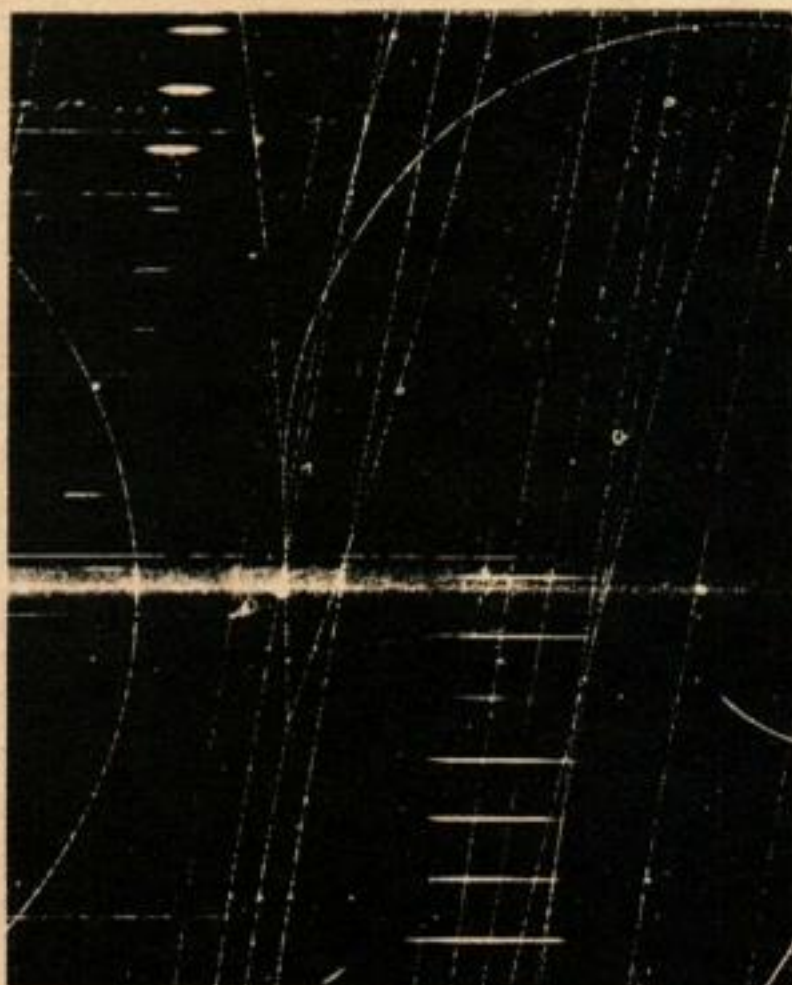
Mais la symétrie n'est pas toujours circulaire. Un carré, un hexagone, un octogone, ont aussi leur propre symétrie. Si nous plaçons l'un d'eux devant un miroir, son image serait exactement pareille. Dans le langage de la physique, nous disons qu'ils sont « invariants » quand nous les faisons tourner de 45, 60 ou 90°.

Mais, pour les physiciens, il existe deux sortes de symétries : les symétries externes qui mettent en jeu des quantités telles que la masse et le mouvement, et les symétries internes plus difficiles à définir. C'est le genre de symétrie dont il est surtout question ici.

Nous pouvons nous faire une idée de la différence entre les deux genres de symétries en imaginant six bâtons identiques alignés.

La rangée possède au moins trois sortes de symétries. La plus facile à imaginer est celle que nous pouvons réaliser le plus facilement en faisant tourner tout l'ensemble de 180°. C'est là un exemple de symétrie externe. Nous réalisons une symétrie en changeant deux des bâtons de place.

Ce qu'on peut faire de plus intime encore, c'est de retourner un seul bâton. On sépare toutes les molécules qui constituent le bâton et on les réunit de nouveau, en sens inverse. Le bâton est, en quelque sorte, retourné sur lui-même. Bien entendu, cela n'a rien à voir avec les véritables symétries internes, mais cela donne une idée des abstractions auxquelles les physiciens sont astreints.



Le premier groupe à symétrie interne est constitué par le proton, le neutron et la philosophie de son créateur qu'il vaut mieux ne pas rechercher dans les particules « les propriétés des choses ordinaires », mais se contenter d'observer leur comportement. L'année de sa découverte, Werner Heisenberg a postulé que le neutron est en réalité une face de quelque chose qu'il a appelé le « nucléon ». L'autre est le proton à charge positive. Le cadre mathématique de la description qu'il a faite du nucléon est un espace fictif où existe l'une des deux faces : le choix est une question de direction dans l'isospace (le comportement d'une particule dans cet espace spécial est l'un des facteurs qui permettent de la classer dans l'une ou l'autre famille). L'isospace de Heisenberg fut tout d'abord une abstraction mathématique, mais on s'est aperçu que la symétrie SU (2) de cet espace correspond à un fait naturel : que les forces nucléaires sont indépendantes de leur charge électrique. La symétrie permet vraiment de faire des extrapolations dans les expériences, et est le prototype des groupes qui furent formés par la suite.

La voie à huit plans

Naturellement, les physiciens ont essayé de former des groupes de symétrie plus étendus. On peut dire que plus un groupe est étendu, plus il est complexe et plus il contient d'arrangements de particules. Vers 1959, les physiciens ont commencé à former toutes sortes de groupes pour les faire correspondre aux données expérimentales. En 1964, le SU (3), appelé aussi « la voie à huit plans » parce que le nombre huit y apparaît fréquemment, fut confirmé d'une façon étonnante par la découverte de l'oméga minus. (C'est Gell Mann, connu pour ses tendances ésotériques, qui a inventé ce surnom tiré de la doctrine bouddhiste : « Voici, moines, la noble vérité qui conduit à la disparition de la douleur : la voie à huit plans. ») Peu de temps après, on essaya de trouver des groupes encore plus étendus. L'une des théories les plus satisfaisantes pour combiner les symétries internes et externes et le SU (6) qui est non relativiste et qui est loin d'être une théorie parfaite ou solidement établie.

La plus forte interaction

Ce qu'il y a de remarquable dans la nature, c'est que plus l'interaction est forte, plus la symétrie est parfaite. La plus forte interaction que nous connaissons est celle qui maintient l'intégrité du noyau. Quand le noyau est désintégré, des forces bien plus grandes que celles qui résultent des réactions chimiques sont libérées. La bombe atomique en est un exemple. Si les quarks existent en tant que particules fondamentales, ils pourraient contenir des énergies encore plus grandes et des bombes Q d'une puissance inimaginable pourraient être alors réalisées.

Un autre système apparut peu de temps

après la mise au point de la version à huit plans de SU (3) par Gell Mann d'un côté, et Yuval Nééman, un ancien colonel de l'armée israélienne devenu physicien, de l'autre. Il semble que certaines familles n'ont pas de place dans ce cadre. Ce groupe avec « des tranches enlevées au milieu » ne peut satisfaire certains physiciens. On a donc ajouté la dimension qui manquait : les quarks. (Cette fois, Gell Mann tira le nom d'un passage de *Finnegans Wake*, de James Joyce : « Trois quarks pour Mr. Mark », qui semble faire partie d'une chanson à boire.)

Ce qu'il y a de remarquable chez les quarks, c'est qu'ils rendent les choses tellement plus faciles. A part une dizaine, les quelque deux cents particules peuvent être reconstituées sur le papier avec les trois quarks et leurs antiparticules. (Personne n'a encore réussi à reconstituer l'électron avec des quarks.) Cette « symétrie par les quarks » donne une « explication » du SU (3) et de ses dérivés.

Les quarks ont des propriétés qui ressemblent à celles du proton, du neutron et de la particule lambda, moins connue. (On a cru un moment que le proton, le neutron et le lambda sont de vrais « aristocrates » : mais cette hypothèse aboutissait à des absurdités.) La particularité la plus curieuse des quarks imaginaires, c'est leur charge électrique partielle. Le quark à caractère de proton porte une charge de $+2/3$; les deux autres ont une charge de $-1/3$. A cause de leur charge partielle, les quarks ne peuvent se désintégrer (ou tout au moins ils ne peuvent se désintégrer tous les trois), car en quoi pourraient-ils se désintégrer tout en conservant leur charge ?

Les quarks ont été recherchés sans succès dans les météorites, dans l'atmosphère terrestre, dans l'eau de mer, dans les huîtres et même dans la poussière. On raconte qu'un « quarkologue » avait décidé de rechercher ces particules à charge partielle dans la poussière et avait réuni pour cela dans son laboratoire des échantillons provenant de différentes canalisations d'aération voisines.

Il les soumit à des tests. Un seul échantillon donna des résultats positifs. Il se rendit à la source pour prélever d'autres échantillons mais le filtre venait d'être nettoyé.

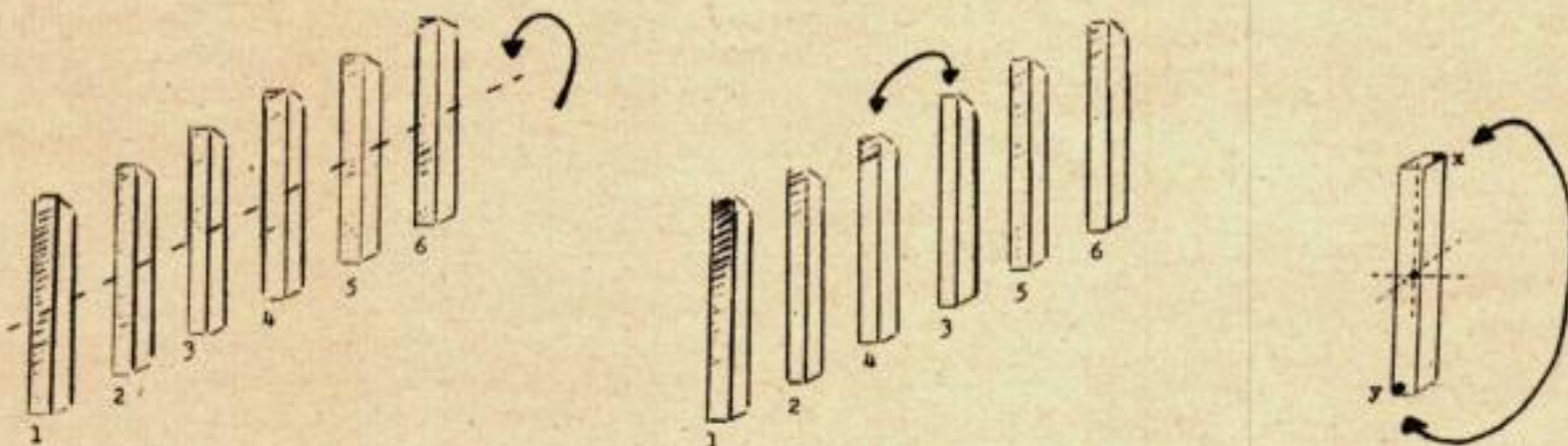
Mais même si on n'a pas encore trouvé de quarks, cela ne veut pas dire qu'ils n'existent pas. Cela veut dire simplement que s'ils existent, ils sont très lourds, peut-être 10 fois plus lourds qu'un proton. D'habitude, quand on met quelque chose en morceaux, les morceaux sont généralement plus petits, plus simples et plus légers que l'ensemble. Par exemple, un pied de table pèse moins que la table entière. Comment alors un proton peut-il être constitué de 3 quarks dont chacun est plus lourd que lui ? La réponse, c'est que l'ensemble doit être très fortement lié pour que la masse du proton soit aussi petite. On ne sait pas encore exactement comment cela pourrait se faire.

L'énergie des quarks

Les chercheurs de quarks qui travaillent à l'Argonne National Laboratory ont estimé que si ces particules à charge partielle existent, l'énergie qu'il faut pour détacher un quark d'un proton est au moins 5 000 fois plus grande que celle qu'il faut pour détacher un proton ou un neutron du noyau, et à peu près 10 millions de fois plus grande que celle qui lie les atomes ensemble dans les corps composés.

Une fois isolé, le quark, s'il reste stable, peut accomplir toutes sortes de choses étonnantes. Nous pouvons conserver les quarks et les antiquarks séparément et les anihiler en les mettant en contact les uns avec les autres, à volonté. Un quark et un antiquark peuvent produire ainsi en s'annihilant une énergie de 20 BeV, soit 1 000 fois plus environ que l'énergie qui se dégage de la conversion thermonucléaire de l'hydrogène en hélium dans le soleil. Les possibilités technologiques sont énormes. Cette source mobile d'énergie peut servir à faire fonctionner tout ce qui fonctionne par l'électricité.

Dans le premier dessin, une rangée de bâtons tourne de 180° sur l'axe représenté. Dans le second dessin, un des six bâtons est retourné par le milieu c'est-à-dire, la molécule X et la molécule Y changent de place. La rangée de bâtons garde chaque fois le même ordre avant et après, conservant leur symétrie intérieure et extérieure.



LOS ANGELES - 11 janvier 1967.

Nous apprenons que les procès intentés par le Cabinet d'Avocats Harney, Ford and Schlottman, de Los Angeles, Californie, contre General Motors, qui mettaient en cause la conception du modèle Chevrolet Corvair 1960-1963, n'ont reçu aucune suite.

Sur ces quatre procès, l'un a bénéficié d'une décision du jury, l'autre d'un arrêt de la Cour Supérieure de Justice, tous deux en faveur de General Motors. Le troisième, qui comportait un verdict en faveur du plaignant, a été frappé d'appel parce qu'il avait été formulé sans preuves. Quant au quatrième, après dix semaines d'instruction et cinq jours de délibérations, il a été classé faute d'aboutir à une décision.

Le seul autre cas qui comportait une mise en cause de la conception du modèle Corvair, avait été soulevé à Clearwater en Floride et avait bénéficié, en août 1965, d'un arrêt en faveur de General Motors.

Monsieur Harney a reconnu, étant donné ces jugements, qu'il avait été amené à demander aux avo-

Une fois isolés, les quarks ne manqueront pas de créer dans l'esprit des physiciens une nouvelle question fondamentale à laquelle il faudra trouver aussi une réponse : « Pourquoi faire les quarks ? »

Les savants soviétiques cherchent les quarks dans l'espace

Boris Konstantinov, vice-président de l'académie des Sciences soviétiques a annoncé que l'une des missions confiées à la capsule géante Proton 3 lancée le 6 juillet, était la recherche expérimentale des particules théoriques. C'est la première recherche expérimentale de ce genre. Nous avons annoncé que les trois capsules Proton étaient des stations de recherche conçues pour l'étude des rayonnements de grande énergie dans l'espace. Mais des spécialistes occidentaux pensent que ces véhicules qui pèsent 13 tonnes sont également les précurseurs de stations spatiales habitées qui peuvent servir de « tremplins » pour lancer des véhicules plus petits vers la Lune. Les déclarations concernant les quarks ont encore augmenté le mystère de ces lancements.

cats de General Motors de bien vouloir envisager de retirer leurs plaintes dans tous les autres procès intentés par sa firme.

General Motors a volontiers convenu que l'ensemble des accusations dont la Corvair 1960-1963 avait fait l'objet, portaient naturellement à envisager l'abandon pur et simple des procès.

Après examen de chaque cas, il a été convenu que la plupart seraient classés définitivement en échange d'une renonciation aux dépens. Certains seraient réglés à concurrence de simples dommages et d'autres moyennant une somme négligeable, étant entendu que l'on tenait ainsi compte des frais engagés au cours de ces longs procès et de l'émotion causée aux membres des jurys par les dommages dont certains plaignants ont été victimes.

Monsieur Harney a fait remarquer par ailleurs que sa firme avait consacré, pendant les 40 semaines qu'ont duré ces procès, des sommes importantes, pour finalement ne pas pouvoir prouver que la Corvair 1960-1963 avait été conçue d'une manière défectueuse.